

# Cambio climático y patrones de precipitación: efecto sobre las comunidades vegetales semiáridas

J.D. Miranda <sup>1</sup>

(1) Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC). General Segura, 1. 04001 Almería, España.

➤ Recibido el 13 de mayo de 2008, aceptado el 14 de mayo de 2008.

**Miranda, J.D. (2008). Cambio climático y patrones de precipitación: efecto sobre las comunidades vegetales semiáridas. *Ecosistemas* 17(3): 161-165.**

La estructura y función de los ecosistemas semiáridos está fuertemente influenciada por la naturaleza de la lluvia que reciben. La cantidad de precipitación es sin duda importante, pero también lo es su distribución temporal. Esta dependencia es aún más importante a la luz de las predicciones de los modelos de cambio climático para los próximos años, que prevén una reducción en la precipitación anual y una mayor frecuencia de eventos extremos con un menor número de días de lluvia; predicen, además, una menor precipitación en primavera y otoño y mayor en invierno. El estudio de las consecuencias de estos cambios de precipitación sobre los ecosistemas no ha recibido hasta ahora mucha atención por parte de la comunidad científica, y menos aún en ecosistemas semiáridos, que por otro lado son los más sensibles a los cambios en la disponibilidad de agua, pues ésta determina procesos como el establecimiento, crecimiento y reproducción, el ciclo de nutrientes y la productividad.

En esta tesis se estudia, con diferentes diseños experimentales, las consecuencias del cambio climático sobre la vegetación de los ecosistemas semiáridos, centrándose en cómo afectarán a las comunidades vegetales semiáridas las variaciones esperadas por los modelos climáticos en el régimen de precipitación. La tesis hace especial hincapié en el comportamiento a nivel de comunidad, de las especies anuales y de los procesos de fenología y reproducción frente a reducciones de la cantidad y del número de eventos de lluvia y alteraciones en la distribución temporal de las precipitaciones. En este trabajo de investigación se estudia además las características hidráulicas y la resistencia al embolismo de las especies arbustivas del SE ibérico para así determinar su respuesta a futuros escenarios de precipitación.

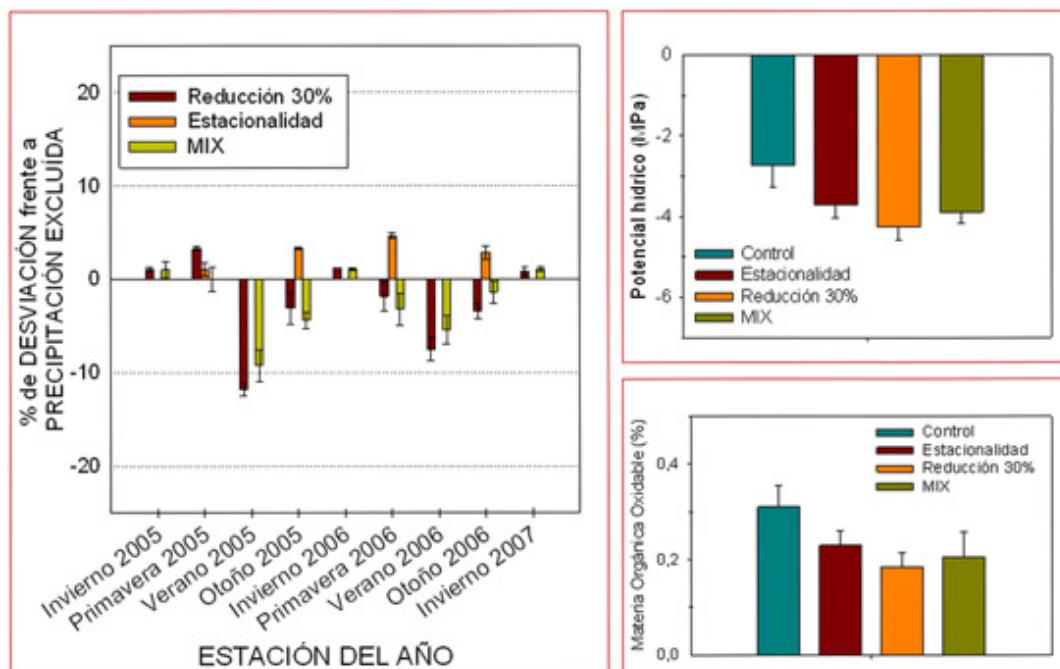
Para alcanzar los objetivos se hacen necesarios trabajos de campo que comporten la manipulación de la precipitación de una forma realista y sin producir artefactos. Para ello he usado estructuras de exclusión de la precipitación (**Fig. 1**), que son herramientas muy útiles para manipulaciones experimentales de los patrones de lluvia. He llevado a cabo las manipulaciones sin afectar otras variables ambientales (radiación, velocidad del viento, humedad relativa), de forma que se evitaran los inconvenientes a que dan lugar con frecuencia las tecnologías utilizadas en otros estudios. Junto a estos trabajos de campo he llevado a cabo experimentos que comportaban manipulaciones de la precipitación en invernadero.



**Figura 1.** Fotografía de los sistemas de exclusión de lluvia instalados para este estudio a nivel de comunidad, y vista general de la zona de estudio (Tabernas, Almería) y de la ubicación de los sistemas de exclusión de lluvia en ella.

## Comportamiento a nivel de comunidad

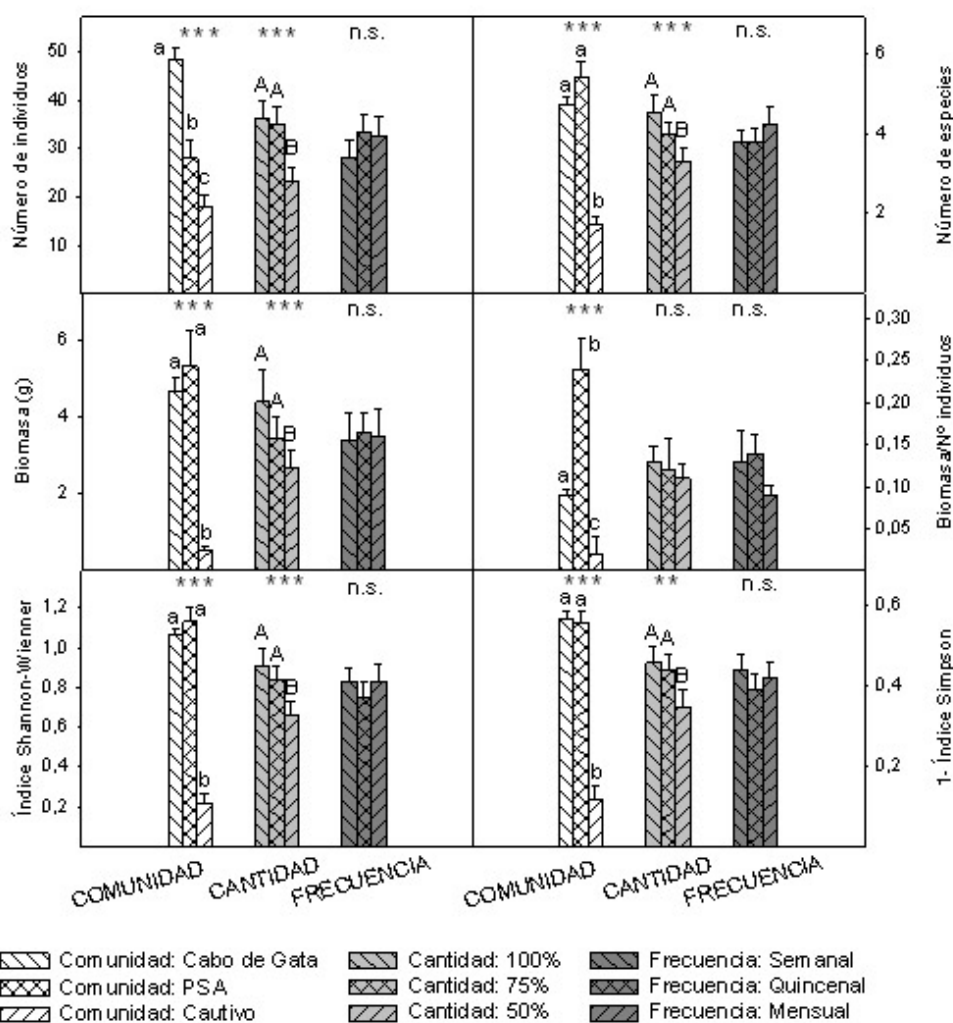
Nosotros hemos evaluado el efecto de una reducción en las precipitaciones y un cambio en la distribución estacional de las lluvias sobre un ecosistema mediterráneo semiárido del SE de España mediante la instalación de 16 estructuras automatizadas de exclusión parcial de la precipitación (**Fig. 1**). El sistema de manipulación de la precipitación propuesto se plantea como un método adecuado para la investigación de campo, dadas las mínimas alteraciones producidas en el microclima, su alta efectividad en la exclusión de la lluvia y sus efectos sobre la humedad del suelo (**Fig. 2**). Sin embargo, reducciones de un 30% en la cantidad de lluvia, las alteraciones estacionales, y la combinación de ambas, no tienen ningún efecto a corto plazo sobre la fisiología, cobertura y productividad de las especies de nuestra comunidad semiárida. Manipulaciones más a largo plazo o de mayor impacto parecen ser necesarias para obtener repuestas. Por otro lado, la respiración del suelo y la materia orgánica y nutrientes del suelo, tampoco parecen verse afectados por manipulaciones a corto plazo en la cantidad y estacionalidad de la precipitación. Sin embargo, la cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica del suelo muestran una tendencia a disminuir cuando se manipulan los patrones de precipitación (**Fig. 2**).



**Figura 2.** Desviaciones (%) frente a la exclusión prevista en cada uno de los tratamientos de manipulación de la precipitación. La desviación resulta de restar al porcentaje de exclusión prevista lo que realmente hemos excluido. Las barras son valores medios  $\pm$  1 ES ( $n=4$ ). La efectividad en la exclusión de la precipitación por los sistemas creados se vio reflejada en una disminución media del potencial hídrico del 27% cuando un 30% de la precipitación era excluido. Aunque los valores de nutrientes y materia orgánica no se vieron afectados por las manipulaciones de precipitación realizadas, sí observamos una tendencia a encontrar valores más pequeños conforme las manipulaciones eran más grandes.

## Comportamiento de las especies anuales

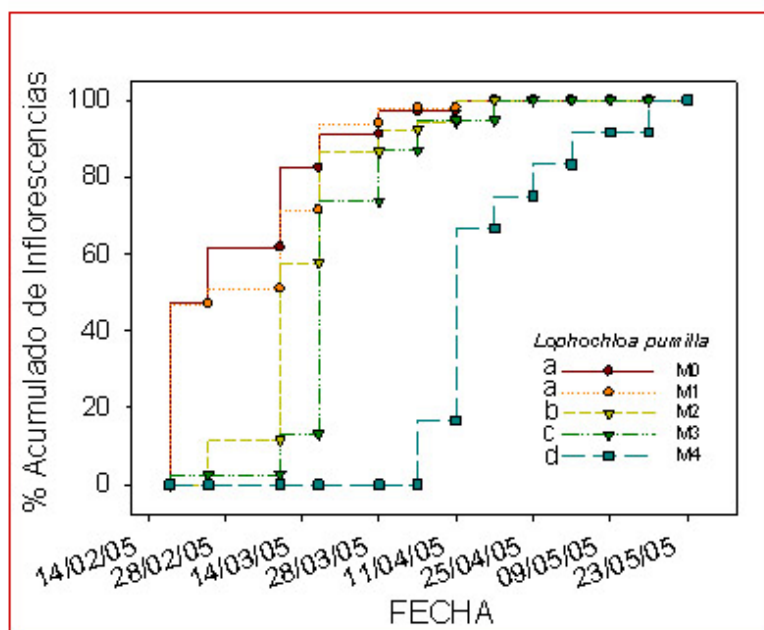
De nuevo mediante manipulaciones de la precipitación en campo estudiamos el efecto de la variación del número de eventos de precipitación y la cantidad sobre la comunidad de anuales de zonas semiáridas en 3 sitios diferentes para así cubrir la práctica totalidad de comunidades anuales en el SE ibérico. Para ello se construyeron unos nuevos sistemas de exclusión de precipitación más sencillos y que nos permitieron evaluar las diferencias de productividad y diversidad de estas 3 comunidades a la combinación de patrones de lluvia propuestos. Los resultados indican que la productividad, cobertura y diversidad específica de las comunidades de especies anuales del SE ibérico no se ven afectadas por variaciones de la cantidad y frecuencia de la precipitación (**Fig. 3**). Reducciones del 50% son necesarias para reducir la productividad y diversidad de especies en estas comunidades (**Fig. 3**). Estos patrones podrían deberse a la identidad y resistencia de las comunidades estudiadas, las cuales están adaptadas a la variabilidad en el régimen de precipitaciones que caracteriza los ambientes áridos y semiáridos. Por tanto, reducciones del 25% o inferiores y cambios en la frecuencia de los eventos de lluvia probablemente no afectarán estas comunidades vegetales a corto plazo, aunque reducciones más elevadas o cambios más a largo plazo, disminuirán probablemente la productividad y diversidad de estas comunidades.



**Figura 3.** Diferencias observadas en la productividad y diversidad de la comunidad al final del experimento debidas a las diferentes cantidades y frecuencias de riego aplicadas y la comunidad elegida. (Media  $\pm$  1 ES). No se encontraron interacciones significativas de segundo y tercer grado (ANOVA factorial, sitio  $\times$  cantidad  $\times$  frecuencia). El grado de significación de cada factor principal se muestra usando \* ( $p < 0.05$ ), \*\* ( $p < 0.01$ ), \*\*\* ( $p < 0.001$ ) y ns (no significativo), ANOVA  $F_{2,108}$ . Letras diferentes dentro de un mismo factor muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) tras realizar test post-hoc de Scheffé.  $n = 45$  para cada factor.

## Comportamiento del reclutamiento y floración

En un experimento realizado bajo condiciones controladas en un invernadero analicé tanto los efectos de distintos patrones de lluvia (cantidad, estacionalidad y torrencialidad) como el retraso de las lluvias otoñales sobre el banco de semillas de la zona de trabajo. Semanalmente medí el número de especies y de individuos por especie, biomasa y fenología. Hemos encontrado que el retraso de los riegos conduce a retrasos de la floración (**Fig. 4**) y disminuciones de productividad de la comunidad anual. Por otro lado, la disminución de la cantidad (30%) y frecuencia, y una estacionalidad alterada, producen también una reducción de la biomasa y del número de individuos, pero ningún cambio en la fenología. La diversidad de especies no fue afectada por el retraso de los riegos pero, sin embargo, se vio reducida por cambios en la frecuencia, cantidad y estacionalidad de las precipitaciones.



**Figura 4.** Diferencias observadas en la aparición de flores (espigas en este caso) para *Lophochloa pumilla*. El eje Y representa el % acumulado de espigas maduras. El eje X muestra la fecha de aparición de las mismas. Las espigas de esta especie y las flores de otras especies estudiadas aparecieron más tarde cuanto mayor era el retraso de las lluvias aplicado. Las letras diferentes muestran diferencias significativas entre tratamientos de riego (Análisis de Kaplan-Meier; test de la F de Cox,  $p < 0.05$ ). M0 corresponde a ningún retraso (riegos iniciados en octubre) y M4 corresponde a un retraso en el comienzo de las lluvias tras el verano de 4 meses (riegos iniciados en febrero).

## Comportamiento de la fenología y reproducción

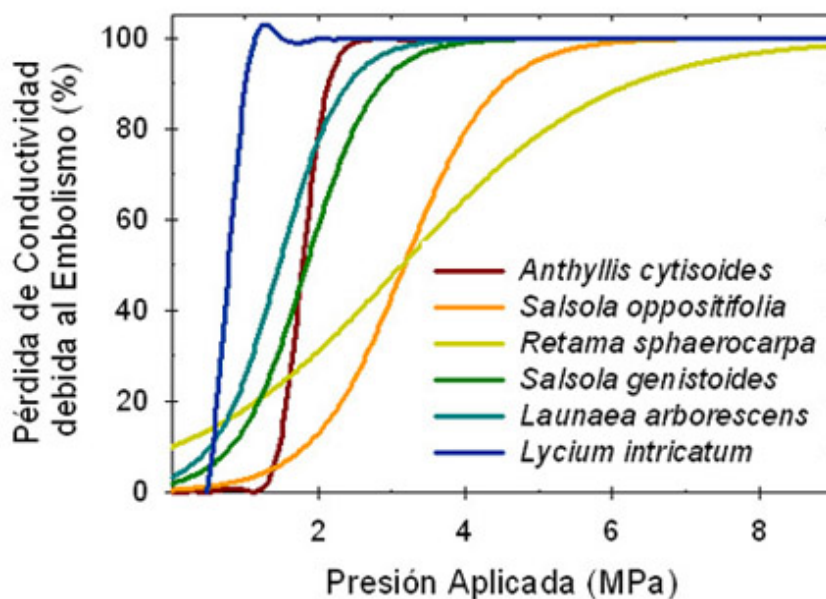
Junto al anterior, desarrollé un experimento en invernadero con una sola especie arbustiva en la que analicé la respuesta de la fenología de flores y frutos y el éxito reproductivo a cambios en la frecuencia del suministro de agua sin cambiar la cantidad total. Hemos encontrado que mediante la alteración del suministro hídrico provocamos una disminución del contenido hídrico al final del ciclo de riego, produciendo algunos cambios en *Phagnalon saxatile*. Disminuciones en la frecuencia del suministro de agua no produjeron diferencias fenológicas en individuos de *Phagnalon saxatile*, pero sí dieron lugar a un mayor éxito reproductivo al dar lugar a plantas más grandes, con frutos más pesados con un mayor número de semillas y que tuvieron una mayor tasa de germinación.

## Propiedades hidráulicas de especies leñosas

Como complemento a la investigación sobre la respuesta de la vegetación a las manipulaciones de la precipitación, he realizado un experimento sobre vulnerabilidad al embolismo en una comunidad vegetal semiárida del SE de España. En él medí la vulnerabilidad a la cavitación por sequía y las relaciones hídricas de seis especies leñosas con diferentes características de tolerancia a la sequía (raíces profundas o superficiales; perennes frente a caducas de verano; hojas frente a

tallos fotosintéticos; etc.). Con él pretendía conocer qué especies son más sensibles a futuros escenarios hídricos (precipitación-sequía) y si las diferencias en vulnerabilidad corresponden con algún carácter funcional o estructural de esas especies. Las especies arbustivas del SE ibérico no mostraron una resistencia al embolismo muy elevada, como cabría esperar por las características climáticas de la zona. De entre las especies estudiadas la más resistente fue *Retama sphaerocarpa*, mientras que la más vulnerable fue *Lycium intricatum* que perdía prácticamente el 100% de su conductividad hidráulica con presiones inferiores a 1 MPa (Fig. 5). Su supervivencia va ligada a otras características fisiológicas y a una rápida recuperación de los daños por sequía en ramas y tallos. La resistencia al embolismo no parece ir paralela por tanto al grado de aridez.

Los cambios en los patrones de lluvia propuestos por los modelos de cambio climático no afectarán a corto plazo a la supervivencia de las especies de arbustos semiáridos por su adaptación tanto a las bajas precipitaciones como a la incertidumbre sobre la distribución de las mismas. Trabajos de investigación más a largo plazo son necesarios para conocer realmente la respuesta de estas comunidades al cambio de los patrones de precipitación previsto por los modelos de cambio climático.



**Figura 5.** Curvas de vulnerabilidad al embolismo de las especies estudiadas. Cada línea representa el ajuste medio para una determinada especie ( $n=6$ ). El método de inyección de aire fue usado en todos los casos. Todas las especies demostraron ser mucho más vulnerables de lo que cabía esperar dado el grado de aridez de su hábitat. Sorprende la elevada resistencia al embolismo de *Retama sphaerocarpa*, especie que posee unas raíces muy profundas que aseguran el suministro hídrico durante todo el año, y por lo tanto el ser tan resistente supondría un coste innecesario.

JUAN DE DIOS MIRANDA LÓPEZ-MARÍN

Cambio climático y patrones de precipitación: efecto sobre las comunidades vegetales semiáridas.

Tesis Doctoral.

Departamento de Ecología de la Universidad de Granada. Realizada en la Estación Experimental de Zonas Áridas, CSIC, Almería.

Enero de 2008

Dirección: Francisco I. Pugnaire de Iraola